

# Сборные шины в электроэнергетике

---

Повный А. В. «Школа для электрика» - <https://electricalschool.info/>

# Введение

---

- Рост энергопотребления и требования к качеству электроснабжения

1

2

3

**Ключевая роль сборных шин (СШ) в надежности и гибкости ЭЭС**

- Резервирование и секционирование.
- Проведение ремонтов без отключений.
- Минимизация последствий аварий

**Гибкость СШ**

- Подключение новых генерирующих мощностей.
- Оптимизация режимов работы.
- Адаптация к изменяющимся нагрузкам

# Цель доклада

---



<b>1</b>	<b>Ознакомление с принципами работы сборных шин</b>	Объединение и распределение электрической энергии. - Обеспечение надежности и пропускной способности
<b>2</b>	<b>Представление конструкций сборных шин</b>	Разнообразие типов и их особенности. - Преимущества и недостатки
<b>3</b>	<b>Демонстрация применения</b>	Примеры на электростанциях и подстанциях. - Особенности проектирования и эксплуатации

# Сборные шины в электроэнергетике

---

## Классификация типов сборных шин

Одинарные, двойные, секционированные, кольцевые.  
- Преимущества и недостатки

## Защита сборных шин

Методы защиты от аварийных режимов.  
- Релейная защита: дифференциальная, токовая отсечка

1

2

3

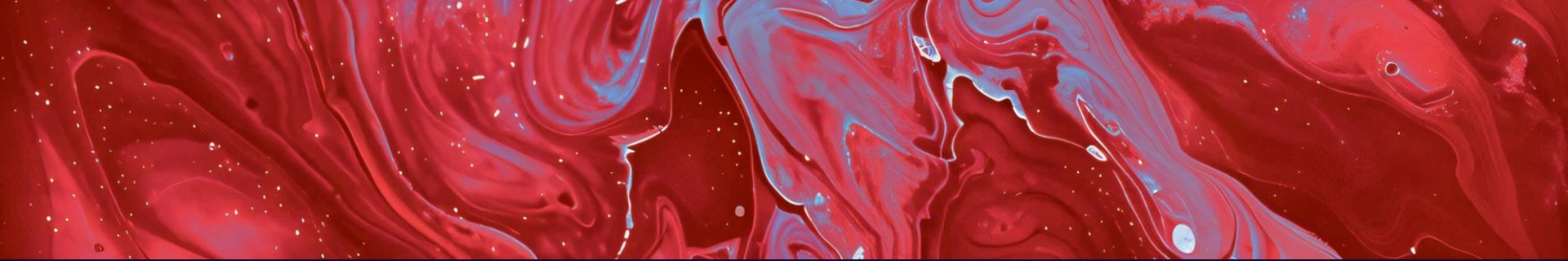
4

## Факторы выбора

Надежность, токи короткого замыкания, стоимость, оперативность

## Обслуживание сборных шин

Техническое обслуживание, диагностика, ремонт.  
- Безопасность и продление срока службы



## **Общие сведения о сборных шинах**

---

## Сборные шины в электроэнергетике

- **Определение:** Проводящая система для объединения и распределения электрической энергии.
  - **Назначение:**
    - Объединение энергии от источников.
    - Распределение потока между потребителями.
    - Коммутация элементов сети.
    - Поддержание стабильного напряжения.
    - Защита электроустановок.
    - Обеспечение гибкости и масштабируемости.
-

# Сборные шины в электроэнергетике

Ключевые функции сборных шин:

## 1. Распределение электроэнергии:

- Концентрация потоков мощности
- Гибкость схемных решений
- Измерение и контроль

## Обеспечение резервирования

Возможность секционирования

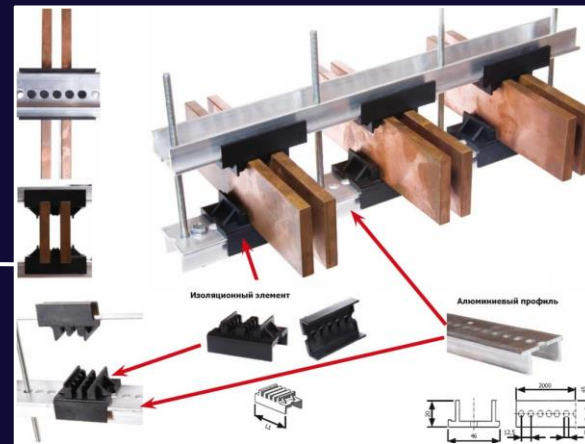
- Резервные источники питания
- Перераспределение мощности

## Повышение надежности системы

Уменьшение последствий аварий

- Упрощение технического обслуживания
- Защита от перегрузок и коротких замыканий

# Элементы электрической изоляции и соединения



## 1 Изоляторы

Обеспечивают электрическую изоляцию.

- Типы: опорные, проходные, подвесные.
- Требования: высокая прочность, устойчивость к внешним воздействиям

## 2 Шинодержатели

Обеспечивают механическую поддержку и фиксацию шин.

- Типы: жесткие и гибкие.
- Материалы: сталь, алюминий, полимеры

## 3 Соединительные элементы

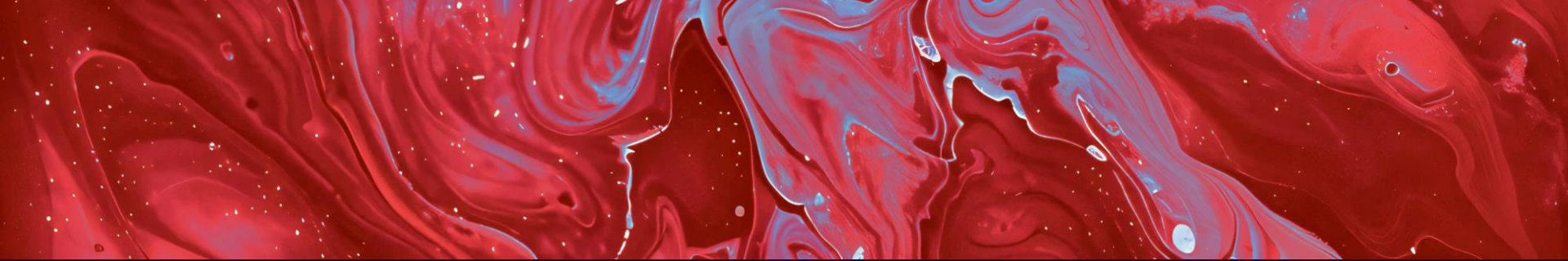
Соединяют секции шин и подключают к оборудованию.

- Типы: болтовые, сварные, прессованные.
- Требования: минимальное сопротивление, высокая прочность

## 4 Заземление

Защита от поражения током и отвод токов КЗ.

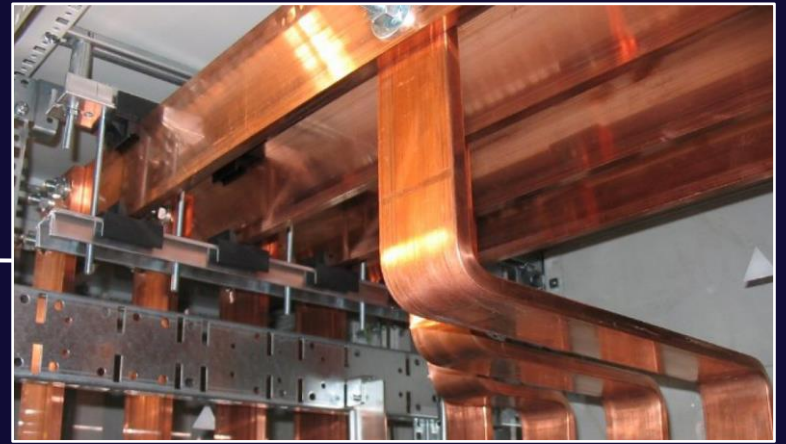
- Реализация через контур заземления.
- Требования: низкое сопротивление, регулярная проверка



## **Типы сборных шин**

---

# Жесткие сборные шины



## Конструкция

- Жесткие профили (уголок, швеллер, труба)
- Поддерживаются изоляторами

## Преимущества

- Высокая прочность
- Устойчивость к электродинамическим силам
  - Лучшие условия для охлаждения

## Недостатки

- Сложность монтажа
- Высокая стоимость
  - Ограниченная гибкость

## Применение

- РУ высокого напряжения (6 кВ и выше)

# Сравнение горизонтальных и вертикальных сборных шин

---

## Горизонтальные сборные шины

Преимущества: простота монтажа, удобство подключения, эффективное охлаждение.  
- Недостатки: большая площадь, вероятность загрязнения, сложность компоновки

## Вертикальные сборные шины

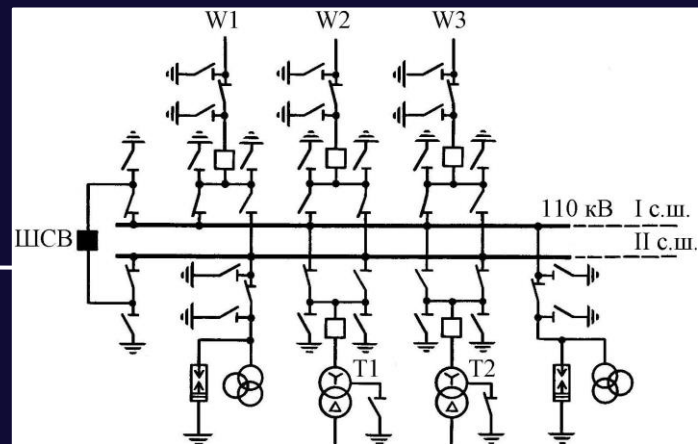
Преимущества: компактность, меньшая подверженность загрязнению, удобство компоновки.  
- Недостатки: сложность монтажа, сложность подключения, менее эффективное охлаждение

# Сборные шины в электроэнергетике

## Важнейшая функция

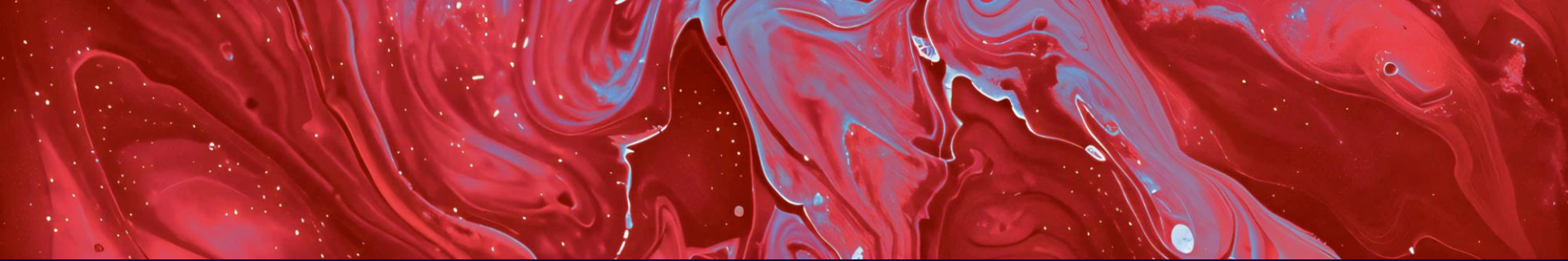
объединение и распределение электроэнергии

**Конфигурация влияет на надежность, гибкость и стоимость**



## Основные типы

1. Одиарные: простота, низкая надежность.
2. Двойные: высокая гибкость, возможность ремонта.
3. Секционированные: изоляция повреждений, минимизация перерывов.
4. С обходной системой: высокая эксплуатационная гибкость



# **Факторы, влияющие на выбор типа сборных шин**

---

# Ток короткого замыкания (ТКЗ)

## ТКЗ

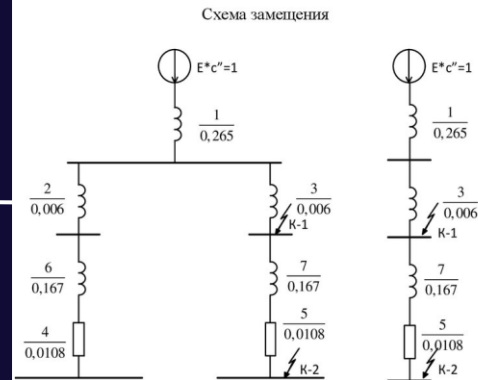
аварийный режим, резкий рост тока

## Важность учета ТКЗ для сборных шин

Выбор сечения, материала и конструкции

## Расчет ТКЗ

Цель: максимальное значение ТКЗ



## Методы

упрощенные схемы, специализированное ПО

## Учитываемые факторы

Режим работы, характеристики источников, загрузка трансформаторов

# Уровень изоляции сборных шин и номинальное напряжение

**Номинальное напряжение определяет уровень изоляции**

**Высокие требования к изоляции при увеличении напряжения**

**Импульсные напряжения (коммутационные, грозовые) учитываются**



**Конструкция сборных шин зависит от уровня изоляции**

## **Факторы выбора**

номинальное напряжение, перенапряжения, условия эксплуатации, тип изоляции, стандарты

# Влияние температуры, влажности и загрязнения на шины

---

## Температура

- Предельные рабочие температуры влияют на ток и сечение шин.
- Увеличение температуры ускоряет старение изоляции.
  - Учитывайте коэффициенты температурного расширения.
  - Для низких температур выбирайте пластичные материалы

## Загрязнение

- Влияет на материалы шин (пыль, соль, химикаты).
- Повышает проводимость и риски токов утечки.
  - Используйте защитные покрытия и проводите очистку

1

2

3

## Влажность

- Ускоряет коррозию алюминия и меди.
- Образование токов утечки на изоляторах.
  - Изоляционные материалы должны быть гидрофобными

## Надежность и гибкость электроэнергетической системы

---

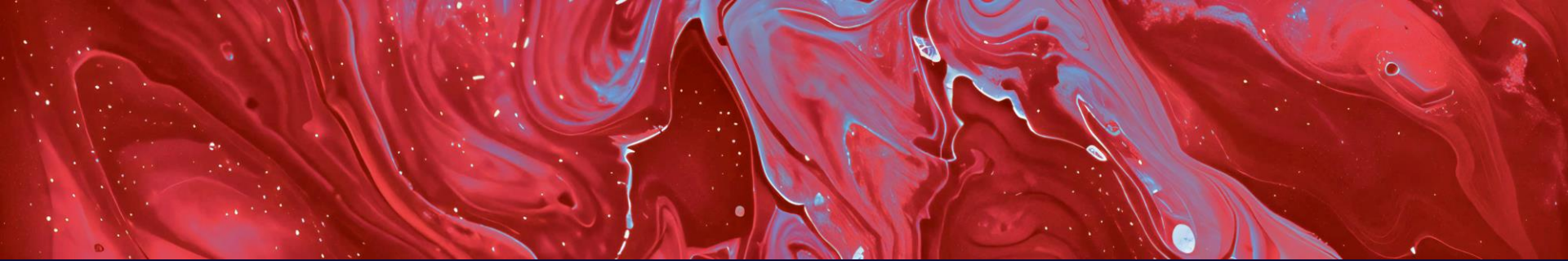


- **Секционирование шин:** Локализация повреждений, работа оставшихся секций.
- **Двойные системы шин:** Резервирование и переключение нагрузки.
- **Автоматическое включение резерва (АВР):** Минимизация времени перерыва в электроснабжении.
- **Оперативные переключения:** Гибкость в обслуживании и подключении.
- **Изменение конфигурации сети:** Адаптация к нагрузкам.
- **Разделение нагрузки:** Снижение риска каскадных отключений.

# Сравнительный анализ затрат на сборные шины



<b>1</b>	<b>Затраты на монтаж</b>	Жесткие шины: высокие затраты. - Гибкие шины: низкие затраты. - Шинопроводы: модульная конструкция снижает затраты
<b>2</b>	<b>Затраты на обслуживание</b>	Жесткие шины: регулярная очистка. - Гибкие шины: контроль натяжения. - Шинопроводы: минимальное обслуживание
<b>3</b>	<b>Затраты на ремонт</b>	Жесткие шины: сложный ремонт. - Гибкие шины: средние затраты. - Шинопроводы: замена поврежденного модуля



# **Расчет и проектирование сборных шин**

---

# Значение расчета токов короткого замыкания для сборных шин

1. Критическая важность расчета ТКЗ:
  - Выбор и проверка электрооборудования.



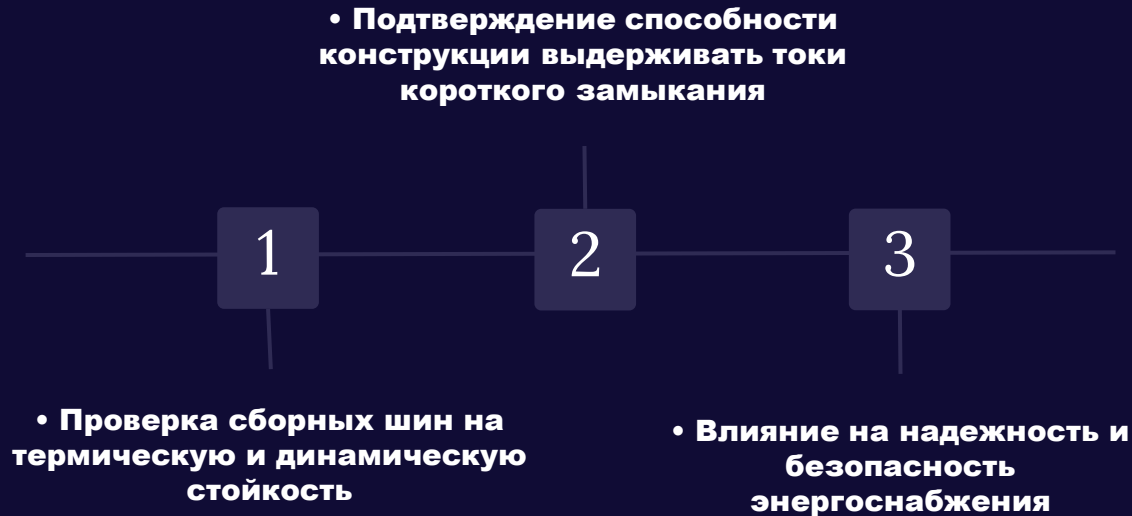
## Оценка электромагнитной совместимости

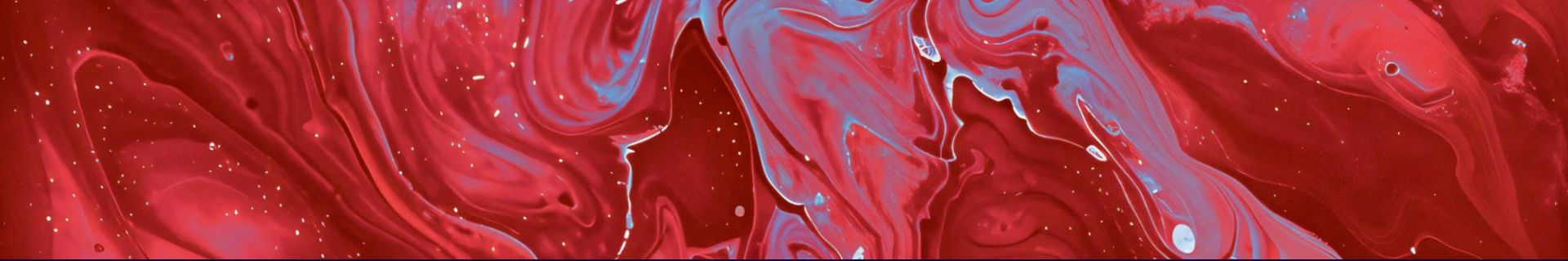


# Выбор сечения сборных шин в электроэнергетике

1. Критическая важность выбора сечения шины:
    - Надежность, безопасность, экономическая эффективность.
  2. Учет допустимой плотности тока:
    - Критерий нагрева, материал, условия охлаждения, температура, режим работы.
  3. Учет механической прочности:
    - Токи короткого замыкания, электродинамические силы, механические напряжения.
  4. Взаимосвязь и компромиссы:
    - Поиск оптимального решения между нагревом и прочностью.
-

## 5.3.1. Общие положения и цели проверки





## **Защита сборных шин**

---

# Риски сборных шин



## 1 Короткие замыкания (КЗ)

- Причины: пробой изоляции, посторонние предметы.
- Последствия: деформация, нагрев.
  - Защита: РЗА, регулярные осмотры

## 2 Перегрузки

- Причины: увеличение нагрузки, ухудшение охлаждения.
- Последствия: старение изоляции, риск КЗ.
  - Защита: РЗА, контроль температуры

## 3 Обрывы

- Причины: механические повреждения, коррозия.
- Последствия: отключение потребителей.
  - Защита: надежное крепление, коррозионно-устойчивые материалы

# Защита сборных шин в электроэнергетике

---

## Релейная защита

- Обнаружение аварийных режимов.
- Селективность отключения.
  - Микропроцессорные реле для точности

## Предохранители

- Простая и экономичная защита.
- Замена после срабатывания.
  - Низкая скорость срабатывания

1

2

3

4

## Автоматические выключатели

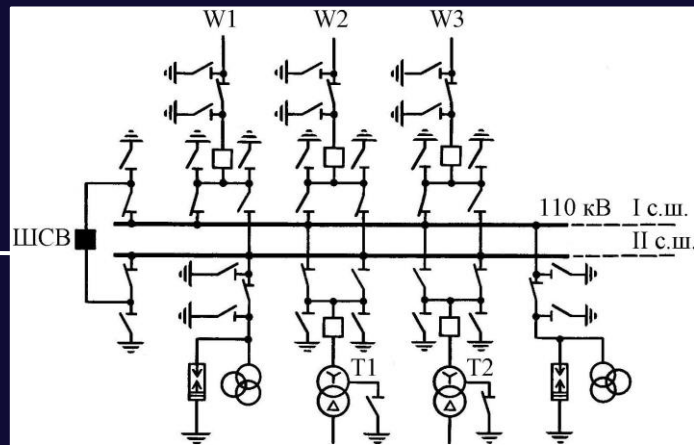
- Отключение в нормальных и аварийных режимах.
- Быстрое срабатывание при перегрузках.
  - Согласование с релейной защитой

## Заключение

Интеллектуальные системы защиты для повышения надежности

# Основные принципы защиты сборных шин в электроэнергетике

Эффективная защита требует соблюдения всех трех принципов для предотвращения аварий и минимизации времени восстановления энергоснабжения.



**Быстродействие:** минимизация времени срабатывания защиты

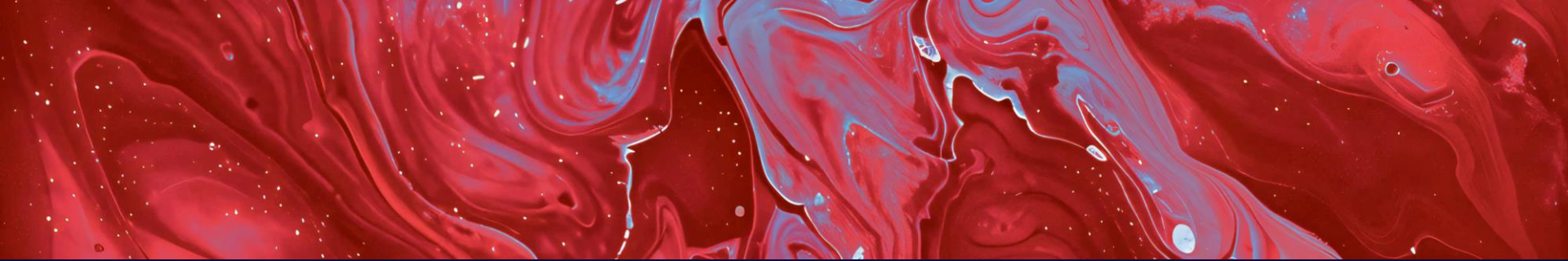
1

2

3

**Селективность:** отключение только поврежденного участка

**Чувствительность:** обнаружение малых токов короткого замыкания



# **Обслуживание и эксплуатация сборных шин**

---

# Регулярные осмотры сборных шин

---

Критически важные осмотры для надежной работы РУ и подстанций:

- Цели осмотров:
- Выявление дефектов и повреждений
- Предотвращение аварийных отключений

## Ключевые аспекты

Визуальный осмотр (состояние, изоляция, соединения)

- Контроль электрических параметров (сопротивление, падение напряжения, ток)
- Проверка заземления (состояние контура, сопротивление)

## Рекомендации

Осмотры не реже 1 раза в год, чаще при неблагоприятных условиях

# Проверка изоляции сборных шин

Критическая процедура для надежности электроустановки:

- Выявление дефектов изоляции
- Предотвращение коротких замыканий и угрозы жизни

## Методы проверки:

1. Измерение сопротивления изоляции (мегаомметр)
2. Испытание повышенным напряжением (АС)
3. Испытание выпрямленным напряжением (DC)
4. Тепловизионный контроль

## Допустимые значения:

- Сопротивление изоляции: не менее 1 МОм на кВ
  - Испытательное напряжение: 1.5 - 2.5 раз больше номинального
  - Ток утечки: стабильный, в пределах норм
-

# Загрязнение сборных шин

Загрязнение сборных шин пылью, грязью и солью:

- Снижает диэлектрическую прочность.
- Образует проводящие мостики.
- Увеличивает риск пробоя изоляции.

## Механизмы влияния

1. Снижение поверхностного сопротивления.
2. Увеличение напряженности электрического поля.
3. Коррозия токоведущих частей

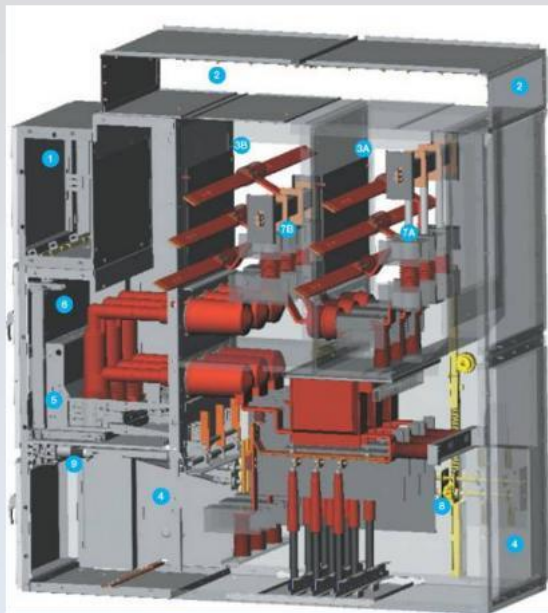
## Методы очистки

- Сухая: щетки, пылесосы.
- Влажная: моющие растворы, мягкие ткани.
  - Под напряжением: изолирующие инструменты

## Периодичность:

- Регулярные осмотры и очистка не реже 1 раза в год.

## Сборные и соединительные шины



Изображен шкаф 24 кВ  
Шинная система В  
присоединена к вводу. Секция  
низкого напряжения

1. Выдувной канал
2. Секции сборных шин
3. Секция ввода
4. Выключатель
5. Секция выключателя
6. Разъединители линии
7. Преобразователи и  
концевые переключатели  
разъединителей
8. Механизированные  
приводы разъединителей

## Плановые работы

### Цели

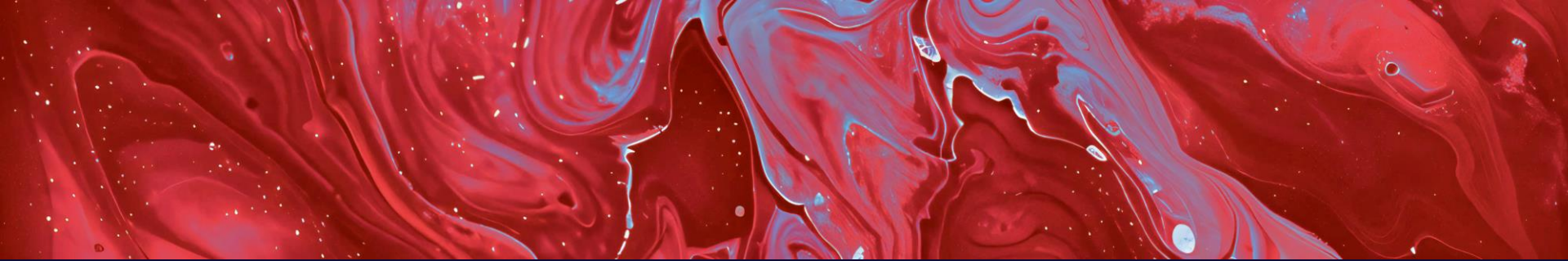
Поддержание сборных шин в рабочем состоянии.  
- Предотвращение аварий и продление срока службы

### Виды работ

Визуальный осмотр  
- Тепловизионный контроль  
- Подтяжка соединений  
- Чистка изоляции  
- Измерение сопротивления  
- Испытания повышенным напряжением  
- Замена дефектных элементов

### Планирование и организация

График работ на основе состояния оборудования.  
- Работы проводятся с отключением шин и соблюдением мер безопасности



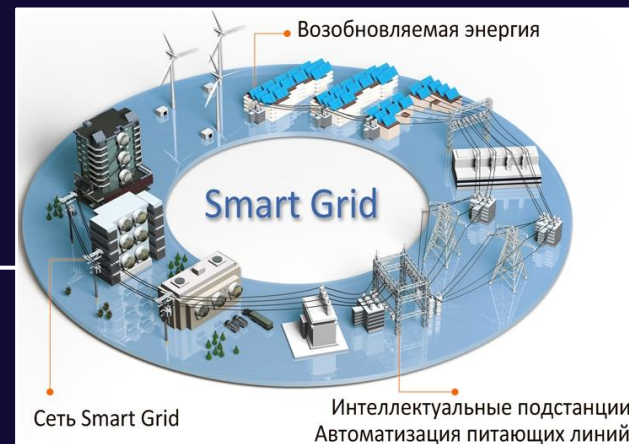
# Современные тенденции в развитии сборных шин

---

# Новые материалы для сборных шин в электроэнергетике

1	<b>Композитные материалы</b>	Высокое отношение прочности к весу - Отличная коррозионная стойкость - Применение в корпусах и изоляторах - Вызовы: высокая стоимость, технологии монтажа
2	<b>Сплавы с улучшенными характеристиками</b>	Повышенная прочность и электропроводность - Применение в токопроводящих элементах - Вызовы: оптимизация легирующих добавок
3	<b>Перспективы</b>	Развитие технологий и снижение стоимости - Исследования в области нанотехнологий

# Интеллектуальные системы мониторинга сборных шин



## Непрерывный контроль параметров

Температура: предотвращение перегрева.

- Ток и напряжение: выявление дисбалансов.
- Вибрация: диагностика механических дефектов.
- Состояние изоляции: раннее выявление дефектов.
- Состояние защитных устройств: готовность к авариям

## Прогнозирование отказов

Анализ трендов: предсказание дефектов.

- Выявление аномалий: сигнал о неисправностях.
- Машинное обучение: прогнозирование вероятности отказов

# Факторы, влияющие на потери в сборных шинах



**Сопротивление материала:  
медь снижает потери**

**Конструкция: форма и  
расположение шин важны**

1

2

3

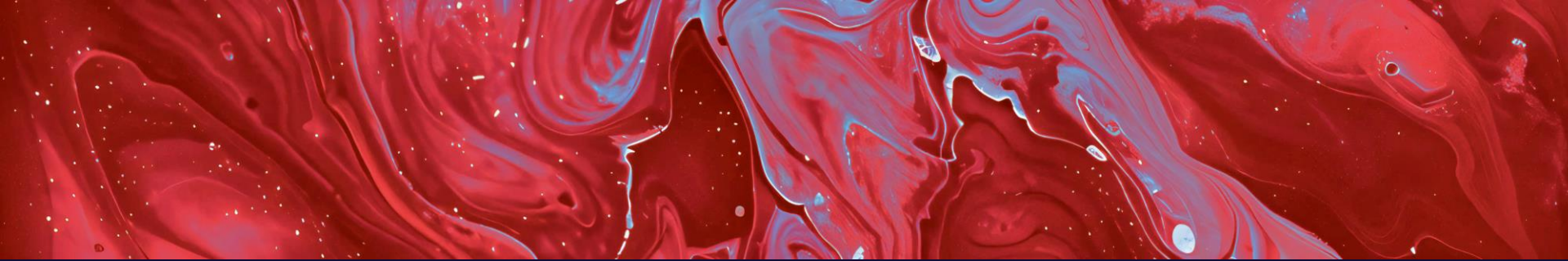
4

5

**Ток нагрузки: потери  
пропорциональны  $I^2R$**

**Температура: нагрев  
увеличивает сопротивление**

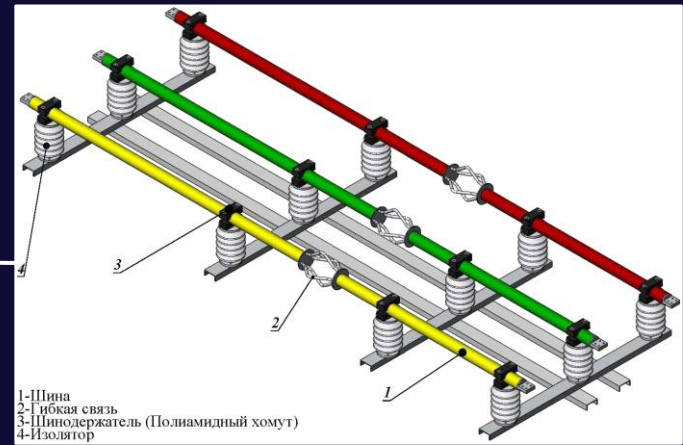
**Эффекты близости и  
вытеснения: неравномерное  
распределение тока**



# **Практические примеры применения сборных шин**

---

# Роль сборных шин на подстанциях высокого напряжения



## Ключевая функция

Обеспечение надежного распределения электроэнергии

## Коммутация

Переключение между источниками питания

## Поддержание напряжения

Стабильность и минимизация потерь

## Защита

Секционирование системы для аварийной безопасности

# Сборные шины в распределительных устройствах



Сборные шины -  
ключевой элемент  
РУ

Прием и  
распределение  
электроэнергии

Гибкость схемы

Расширение и  
модернизация

Контроль и защита

баланс мощности и  
стабильность

оперативное  
переключение  
источников питания

возможность  
подключения новых  
потребителей

мониторинг  
параметров и  
отключение  
аварийных участков

# Роль сборных шин в электростанциях



## Коммутация генераторов

гибкое подключение и отключение

## Агрегирование мощности

объединение потоков от генераторов

## Резервирование

надежность через различные конфигурации

## Контроль и защита

мониторинг и автоматическое отключение

## Распределение мощности

направление электроэнергии к потребителям

# Заключение: Роль сборных шин в электроэнергетике

---

1

Ключевой элемент современных электроэнергетических систем

2

Обеспечивают надежность, гибкость и эффективность

3

Актуальны в условиях растущего потребления энергии

4

Оптимизация работы энергосистем

5

Современные технологии для повышения энергоэффективности

6

Важность дальнейших исследований и разработок